



## Études photographiques

7 | Mai 2000

Par les yeux de la science/Surréalisme et  
photographie

---

# Paradoxes de l'observation

Les premières expériences photographiques d'Ernst Mach

Herta Wolf

---



### Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/etudesphotographiques/206>

ISSN : 1777-5302

### Éditeur

Société française de photographie

### Édition imprimée

Date de publication : 1 mai 2000

ISSN : 1270-9050

### Référence électronique

Herta Wolf, « Paradoxes de l'observation », *Études photographiques* [En ligne], 7 | Mai 2000, mis en ligne le , consulté le 20 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/etudesphotographiques/206>

---

Ce document a été généré automatiquement le 20 avril 2019.

Propriété intellectuelle

---

# Paradoxes de l'observation

Les premières expériences photographiques d'Ernst Mach

Herta Wolf

---

- 1 Le 14 janvier 1861, dans sa première lettre à Gustav Fechner, Ernst Mach (1838-1916) déclare qu'il n'aurait pu mener à bien sa tentative de donner à la psychologie mathématique une base physique, c'est-à-dire de l'adapter aux modalités physiques de l'expérience et de l'observation, sans l'oeuvre publiée un an plus tôt par son correspondant: *Les Éléments de psychophysique*. Il ajoute cette remarque: les méthodes «d'élucidation des représentations cinétiques» qui s'y trouvent décrites pourraient être étendues aux «expériences esthétiques au sens strict<sup>1</sup>».
- 2 C'est grâce à la catégorie de l'esthétique qu'Ulrich Raulff, dans un article commémorant les cent ans des rayons X et de la psychanalyse<sup>2</sup>, reliait ces deux formes de *pénétration*. L'esthétique semble en effet réunir les *Études sur l'hystérie*, parues en mai 1895 (que Freud lui-même faisait relever du genre de la *nouvelle*), avec la visualisation produite par Röntgen à l'aide de rayons cathodiques. Réconciliant le monde de la physique et le monde de la psychanalyse, celui des sciences dures et celui des sciences humaines, l'esthétique opère la médiation entre le corps (*res extensa*) et l'âme (*res cogitans*) médiation qui reste toutefois issue d'une division initiale (matière vs esprit), et qui apparaît discutable, dès lors que radiologie et psychanalyse se voient définis comme «les pôles extrêmes de notre culture scientifique», au sens des sciences humaines. Les recherches de Röntgen, portant sur l'étude physique de radiations invisibles, n'avaient à l'origine aucun rapport avec les applications ultérieures de sa découverte dans le domaine médical. L'inclusion de la [p. 49] physique des rayonnements parmi les sciences humaines est du reste tout aussi discutable que le postulat selon lequel les deux procédés formeraient les «deux ailes» de la culture des Lumières.
- 3 Intelligemment argumenté et surtout très accessible, l'essai de Raulff est formé d'une série de chapitres sollicitant l'appareil conceptuel ou plutôt métaphorique de certaines techniques, pour les rapprocher des pratiques culturelles les plus diverses. *Transparence, vue en coupe, pénétration, mise en lumière*: c'est par ces termes initialement empruntés à l'optique, puis acclimatés avec la terminologie des Lumières, que les scientifiques, dès le

XIXe siècle, ont cru pouvoir décrire ou caractériser leurs procédés expérimentaux. L'idée de "rendre transparent" son objet, et les procédés qui en découlent, sont aujourd'hui encore à la base de l'imagerie utilisée en médecine et dans les sciences cognitives.

- 4 Mon développement prend son départ d'une superposition d'images photographiques fondée sur le modèle de la transparence. Le 11 mai 1866, lors d'une séance de l'académie impériale des sciences de Vienne, Ernst Mach présentait deux stéréogrammes, où profil et coupe d'un crâne sont superposés en une seule image (voir fig. 2 à 4 [E. Mach, vues stéréoscopiques du crâne, 1865, coll. Deutsches Museum, Munich]). «Un crâne humain dont la voûte avait été sciée a été photographié avec et sans sa voûte. Sur l'image stéréoscopique, la voûte crânienne, dont tous les détails sont très nets et très plastiques, laisse voir en transparence, avec la même netteté, la base du crâne. *Le spectacle est véritablement classique* <sup>3</sup>.».
- 5 Pour Mach, les vues photographiques en transparence, quoique virtuelles, sont supérieures aux préparations et aux modèles anatomiques parce qu'elles donnent plus à voir. Le physicien photographe qui, dans l'intervalle entre cette présentation et la publication de sa contribution, allait encore réaliser d'autres «vues stéréoscopiques en transparence de l'appareil auditif, très belles et très instructives<sup>4</sup>», pensait ainsi faire de la photographie un outil documentaire profitable à tout chirurgien.
- 6 En 1881, devant la British Association et la Royal Photographic Society, Francis Galton (1822-1911) évoquait l'utilisation de la photographie composite à des fins anthropologiques. Pour illustrer sa conférence, il avait fait dessiner une surimpression de crânes d'aborigènes des Andaman, un archipel rattaché à l'Inde<sup>5</sup> (fig. 1 [F. Galton, image composite de huit crânes, 1881, coll. University College of London]). Nombreuses sont les pratiques issues des sciences de la nature du xixe siècle qui s'attaquent à l'opacité des corps: squelette et crâne humain, ou fossiles, exploités par les évolutionnistes depuis la fin de l'âge classique. Ce qui résiste au passage des années ou peut apparaître comme un sédiment du temps a toujours [p. 50] été considéré comme révélateur de l'évolution et du statut d'une matière autrefois vivante. À la fin du xviii<sup>e</sup> siècle, Johann Caspar Lavater fondait déjà ses diagnostics sur l'état du visage au repos, partant du principe que «le système osseux est toujours le fondement de la physiognomonie, qu'on le considère comme *déterminant* simplement les parties plus molles, ou simplement *déterminé* par elles, ou encore à la fois *déterminant et déterminé*. *Informant* ou *informé* il est toujours *plus stable*, *plus déterminé*, *plus durable*, *plus sensible*; *informant et informé* il est toujours le *caractère* de ce qui est *plus stable*, *plus durable* dans l'homme<sup>6</sup>.».
- 7 Diverses techniques de représentation des XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles, depuis les silhouettes jusqu'aux procédés photographiques les plus divers, promettant de donner plus à voir (quelque soient les avatars auxquels les progrès de la connaissance réduisent ce "plus"), il n'est pas étonnant que Michel Frizot ait caractérisé par la devise: "Voir mieux" l'enjeu de la photographie pour les sciences de la nature. L'historien part du constat que la fonction de la photographie au xixe siècle était l'enregistrement et la mesure la production d'images à des fins esthétiques ne venant qu'en second lieu<sup>7</sup>. Dans un contexte scientifique, les images photographiques seraient subordonnées à l'acquisition de savoir, sortes d'*auxiliaires visuels* permettant de percevoir des phénomènes non accessibles à [p. 51] la vision naturelle. Dès lors, quoi de plus normal que de décrire la photographie comme la «rétine du savant», ainsi que le proposait l'astronome Jules Janssen<sup>8</sup>? Un autre aspect des applications scientifiques du médium est mentionné par Albert Londe, qui estime que l'on peut recourir à la photographie chaque fois que l'on souhaite observer un

phénomène de très brève durée, ou encore lorsque les expériences ou les observations nécessitent des relevés réguliers, par exemple en astronomie ou en météorologie<sup>9</sup>. La photographie deviendrait ainsi le seul témoin d'un événement passé, un indice nécessaire à sa compréhension et à son interprétation. Les savants, conclut Frizot, disposaient donc depuis l'invention de l'enregistrement argentique d'un document qui rendait avec réalisme les phénomènes perçus et permettait d'archiver durablement des événements même fugitifs. Conservés par l'intermédiaire les documents photographiques, ceux-ci pouvaient dès lors se prêter à des études comparatives. Selon le fantasme de l'objectivité photographique, l'enregistrement photochimique, plus réaliste, parce que directement issue de l'empreinte lumineuse, venait prendre la place du dessin manuel, discrédité par son caractère d'interprétation.

- 8 Photographier = enregistrer, visualiser, observer, mesurer, classer, archiver, comparer. Quoique tous ces concepts soient traditionnellement tenus pour équivalents, ils recouvrent différents enjeux scientifiques de la photographie. Toutes ces propriétés ont en commun de partir de la photographie comme médium. Même si ces constats peuvent aussi être pertinents, ils présentent pourtant le défaut de superposer une grille relativement grossière à des modes et à des champs d'application fort divers. Souvent dus à des aperçus hâtifs sur des travaux scientifiques négligés jusqu'à une date récente par l'histoire de la discipline, ils renvoient à la manière fantasmatique dont les théoriciens de la photographie, vers le milieu du xix<sup>e</sup> siècle, décrivaient le médium: les photographies sont des moyens d'enregistrement exact, «d'une fidélité inimitable» des phénomènes et fournissent à ce titre un outil d'objectivation supérieur à la vision humaine.
- 9 Tout cela n'est vrai qu'en partie, ainsi qu'en témoigne l'usage de la photographie par Ernst Mach. Son article "Sur l'utilisation scientifique de la photographie et de la stéréoscopie" débute par la paraphrase de son "Étude de l'effet produit sur la rétine par des stimuli lumineux distribués dans [p. 52] l'espace, dont les résultats peuvent être exploités par l'optique physiologique et par les systèmes projectifs de la géométrie descriptive<sup>10</sup>". Son résumé ne renvoie pas seulement à la première partie d'une contribution, publiée entre 1865 et 1868, qui énonçait quelques conclusions scientifiques majeures (dont certaines encore d'actualité, comme la découverte de ce que Mach appelle le «phénomène de contraste visuel», aujourd'hui connu sous le nom de "bandes" ou "anneaux de Mach", voir ci-dessous). Il attire aussi notre attention sur des expériences qui avaient pour but de réaliser «des surfaces fixes, dont l'intensité lumineuse varierait de place en place en fonction d'une loi quelconque». Seule la photographie pouvait offrir ces "surfaces fixes", ce pourquoi Mach y recourt pour la première fois.
- 10 "De l'effet sur la rétine de la distribution dans l'espace du stimulus lumineux<sup>11</sup>": cet écrit essentiel dans l'oeuvre et la pensée de Mach présente le résultat de recherches dont le jeune docteur n'avait pas tout à fait librement choisi le thème. Comme l'écrit Floyd Ratcliff, après l'achèvement de sa thèse en 1860, le physicien n'avait pas les moyens d'acquérir les appareils nécessaires à des recherches physiques expérimentales, ce qui l'obligeait à explorer un domaine ne réclamant pas d'appareils coûteux. Or quoi de plus accessible, *financièrement* et *matériellement*, que son propre corps? Aussi n'est-il pas étonnant qu'il ait commencé par se pencher sur la physique et la psychologie de la vision: «Ses propres yeux lui servaient d'instruments optiques, et il pouvait utiliser de simples disques tournants pour contrôler les stimuli<sup>12</sup>.» Mach lui-même confère une autre signification à ce choix, lorsqu'il en situe l'origine avec la rencontre des deux physiologistes allemands Ernst Brücke, qui enseignait à Vienne depuis 1849, et Carl

Ludwig, en fonction entre 1855 et 1865 à l'académie militaire de médecine<sup>13</sup>. C'est avec la fréquentation de ces deux savants que l'Autrichien Ernst Mach «put prendre connaissance des recherches scientifiques allemandes, et découvrit le domaine de la physiologie de la perception, qu'il pouvait étudier sans appareillage coûteux, et qui le conduisit à ses études critiques de la théorie de la connaissance<sup>14</sup>».

- 11 L'intérêt pour les options de recherche des deux physiciens organicistes ne fut pas le seul élément décisif. La possibilité de donner des leçons de physique à des médecins était tout aussi intéressante. Pour s'y préparer, Mach s'inscrivit en 1859 à la faculté de médecine, et requérait dès 1860, l'année de sa thèse, une charge de cours consacrée à la [p. 54] "physique préparatoire à la physiologie". La faculté ne souhaitant pas ouvrir un poste dans un domaine aussi étroit, Mach retira sa proposition l'année suivante, pour soutenir une habilitation en physique générale. Son étude "Sur la vision de positions et d'angles par le mouvement de l'oeil<sup>15</sup>", présentée le 3 janvier 1861 devant l'académie impériale, où Mach renvoyait aux *Éléments de psychophysique* de Fechner, paru un an plus tôt, joua un rôle déterminant dans la décision de lui conférer ce diplôme. Durant le semestre d'été 1861, le jeune homme de 23 ans commença à enseigner la "physique pour médecins<sup>16</sup>". La physique organique devait rester jusqu'à ses derniers jours l'objet de ses recherches.
- 12 Dès les expériences préparatoires à sa première publication "De l'effet sur la rétine de la distribution dans l'espace du stimulus lumineux", Mach avait scrupuleusement étudié le rapport entre objet et observation. En faisant tourner diverses figures géométriques sur un disque, il avait remarqué par hasard que le passage d'une zone à une autre produisait un anneau de teinte plus claire (fig. 5 [E. Mach, figures géométriques sur disques, 1865, coll. part.]). Il fallait comprendre la formation de ces anneaux, qui contredisait la loi formulée par William Henry Fox Talbot puis Joseph Plateau en 1834-1835<sup>17</sup>. [p. 55]
- 13 Celle-ci énonce que, pour une stimulation de l'oeil par un signal lumineux périodique, si la fréquence de variation de luminosité est supérieure à la fréquence de résolution, l'impression subjective sera identique à celle produite par une source continue, égale à la moyenne arithmétique des écarts de luminosité du signal. Selon cette loi, les disques tournants auraient dû s'assombrir de façon constante, sans que les seuils de contraste soient soulignés par des anneaux ou des bandes. La courbe sensorielle observée par Mach révélait, aux emplacements des plus fortes variations lumineuses, des maxima et des minima qui n'apparaissent pas sur la courbe prévue par les méthodes physiques (fig. 7 [E. Mach, courbes de l'intensité lumineuse, 1866, coll. part.]).
- 14 Pour déterminer le paramètre expliquant cette divergence, conformément aux procédures rigoureuses des expérimentations physiques, Mach devait d'abord établir si ce phénomène était dépendant des variations lumineuses: «À cette fin, écrit-il, je cherchai d'abord à photographier mes disques pendant leur rotation, supposant que le papier photographique, comme la rétine, obéirait à la loi de Talbot-Plateau<sup>18</sup>.»
- 15 Après divers essais de reproduction de surfaces planes ou cylindriques (fig. 6 [E. Mach, divers essais sur figures géométriques, 1866, coll. part.]), l'utilisation de l'enregistrement photographique démontre que la courbe de l'épreuve présente les mêmes rapports géométriques que [p. 56] l'original, donc que l'intensité lumineuse de la photographie correspond strictement à celle des figures de départ: la condition de base selon laquelle photographie et original sont comparables est remplie. Mach établit le principe suivant: «Partout où la courbe de l'intensité lumineuse d'une surface éclairée (dont l'intensité lumineuse ne varie que dans une direction) forme un renflement concave ou convexe par rapport à l'axe d'abscisse, la zone concernée apparaît plus claire ou plus foncée que son

environnement<sup>19</sup>». L'augmentation de la sensation lumineuse dépend du degré d'incurvation (ce qui explique pourquoi les déclivités linéaires, qui ne sont pas perçues, ne se traduisent pas par des bandes). L'étonnant est que les anneaux correspondant aux changements de luminosité n'apparaissent pas seulement à l'observateur direct, mais également sur les photographies du disque en rotation. Mach était convaincu (et toutes ses recherches ultérieures ont confirmé cette hypothèse) que la cause des "phénomènes observés" ne se trouvait pas *dans les objets*, mais *dans l'organe de la vision*.

- 16 Si tel est le cas, toute photographie, à cause du fonctionnement organique de l'œil humain, ne peut être perçue que subjectivement. Les bandes de Mach nous montrent clairement que notre entendement ne peut distinguer entre des figures géométriques en rotation et les représentations objectives de ces mêmes figures par la photographie. À l'endroit des variations d'axe d'abscisse, elle ne nous laisse voir que des bandes ou des anneaux. Ainsi ne sommes-nous jamais en position de regarder objectivement une photographie. Mais si la représentation objective disparaît derrière la vision humaine, avec ses simplifications ou ses abstractions («On pourrait dire que la rétine [p. 57] *schématise* et *caricature*<sup>20</sup>»), la capacité prescrite à l'enregistrement photochimique de constituer un instrument de représentation objectif devient équivoque. Les disques photographiés donnent à Mach la preuve du phénomène observé, et témoignent en même temps de la subjectivité de l'observation: «Dans la mesure où j'ai prouvé, écrit-il, que la photographie obéit objectivement à la loi de Talbot-Plateau et où les anneaux ne sont pas interprétables par cette loi, c'est la subjectivité [du phénomène d'observation] qui se trouve démontrée<sup>21</sup>.»
- 17 Ce constat induit une divergence entre enregistrement photographique et perception des images produites. Puisque la photographie, ou plutôt ses propriétés matérielles, obéissent à la loi de Talbot-Plateau, elle peut certes être rattachée à la physique, donc à la mathématisation du monde objectif, et demeure ainsi un précieux médium de l'expérimentation. Mais les photographies ne pouvant être perçues qu'à travers une subjectivité, elles donnent à voir des phénomènes dont l'interprétation déborde la physique des corps. En expliquant les «phénomènes de contraste visuel» observés par la nature de la rétine, et en particulier par l'interaction entre des zones rétinienne voisines qui se stimulent et s'inhibent réciproquement Mach fonde «anatomiquement<sup>22</sup>» les phénomènes observés (en 1906, revenant sur des travaux vieux de quarante ans, il les décrira comme des «relations organiques de réciprocité des zones rétinienne<sup>23</sup>»). Aujourd'hui, on dirait que Mach a remarquablement anticipé les processus neuronaux<sup>24</sup>. Le principe heuristique de la recherche psychophysique se présente à ses yeux dans une interaction entre le psychique et le physique, interaction qu'il étend à la photographie. Il la considère pour reprendre le mot de Janssen comme une "rétine", non pas au sens de l'optique cartésienne, qui la conçoit comme un miroir fidèle du monde extérieur, mais comme un moyen d'observation dont l'enjeu pour les sciences doit toujours et encore être examiné (c'est-à-dire quantifié et mathématisé), car en lui interagissent la perception subjective et la représentation objective.
- 18 En apportant la preuve que les photographies ne peuvent être perçues que subjectivement, Mach préfigure les débats sur la part d'erreur qu'introduisent dans la recherche les modes de représentation ou les instruments d'observation. Ses développements montrent que dans les expériences scientifiques, les propriétés des instruments peuvent très facilement être prises pour celles des objets observés<sup>25</sup>. Sa description des bandes qui n'existent pas objectivement, mais qui sont perçues par [p. 58]

l'intermédiaire de notre «appareil optique», annonce le constat établi par la physique quantique, selon lequel la science ne permet pas de se prononcer sur le monde, mais seulement sur les résultats obtenus par les procédés de mesure.

- 19 S'attarder sur les expérimentations photographiques de Mach à propos des effets du stimulus lumineux sur la rétine, c'est aussi montrer que le médium ne revêt pas ici le rôle d'un instrument auxiliaire permettant de voir plus, ou mieux. Dans les expériences citées, la photographie devient un *item* dont l'expérimentateur a besoin pour présenter et vérifier son observation. Sans elle, l'observation n'aurait pu être confirmée ni, par suite, intégrée dans un système scientifique. Cela veut dire qu'elle est plus qu'un moyen de visualisation: elle constitue avant tout l'une des possibilités de mener à bien l'expérience. Ce rôle ne pouvait naturellement lui échoir qu'en raison de son statut iconique, de sa capacité à représenter ou, comme l'écrit Mach, à reproduire.
- 20 À mon sens, la fonction attribuée à la photographie dans ces expériences physiologiques précoces éclaire d'un jour nouveau les expérimentations ultérieures de Mach fondées sur la photographie (même si celles-ci légitiment, comme peu d'autres photographies scientifiques l'ont fait, l'idée qu'elles seraient des photographies de l'invisible<sup>26</sup>). Les enregistrements de courants d'air ou de trajectoires de balles, qui ne peuvent être rendues visibles qu'à travers un dispositif, brisent le paradigme trop simple du *voir mieux* ou *plus*, car ils ne permettent pas une comparaison de l'image produite avec un objet existant. Non seulement de telles images ne permettent pas de voir plus et mieux, mais à travers elles sont représentés des théorèmes physiques abstraits, c'est à dire des modélisations. Ici, la fonction de la photographie peut être comparée à celle d'autres technologies qui, comme un accélérateur de particules, permettent de vérifier des hypothèses et des expériences virtuelles (sujet auquel Mach consacra également des publications).
- 21 Les premières expériences photographiques de Mach montrent qu'on ne peut pas tirer de conclusions généralisantes sur la photographie, y compris scientifique. Quoi de commun entre une photographie d'anneaux en rotation, qui fournit le témoignage de la subjectivité de la perception, et une photographie astronomique, qui constitue l'archive de l'observation? La dimension indicielle du médium fait que l'enregistrement, sédiment d'espace et de temps, ne peut se dépouiller de la fonction résultant de ce statut. C'est pourquoi, en toute logique, Mach [p. 59] n'hésite pas à ranger la photographie parmi les méthodes d'archivage techniques, physiques, physiologiques ou météorologiques: comme le télescope ou le microscope manipulent l'espace, la photographie peut agrandir ou rétrécir le temps<sup>27</sup>. Quant à savoir si la hiérarchie des média (auxquels Mach attribue de fait une fonction instrumentale) se modifie au sein de l'oeuvre d'un savant, et pas seulement d'une discipline scientifique à l'autre, ce serait le sujet d'une autre étude.
- 22 Revenons à l'article "Sur l'utilisation scientifique de la photographie et de la stéréoscopie" de 1866, également publié dans le volume LIV des comptes rendus de l'académie impériale. Il montre que les études photométriques de Mach n'ont pas seulement rendu possibles ses premières expériences photographiques, mais ont aussi permis d'imaginer *a priori* un autre procédé photographique. Si «l'effet photographique, en un point quelconque» de la plaque sensible, dépend seulement du temps d'exposition («temps d'irradiation») et de l'intensité de la lumière incidente («intensité de l'irradiation»), il va de soi que plusieurs images peuvent s'inscrire «successivement» sur le négatif. Ces projections peuvent s'additionner tant que l'on reste «en dessous du niveau de saturation du point<sup>28</sup>». Ayant dressé le constat de sa loi dans le premier article



consacré aux effets des stimuli sur la rétine, Mach met en oeuvre les principes qui en découlent dans le second, et choisit la photographie pour les essais sur la relation entre surfaces lumineuses et surfaces sensibles.

- 23 Cette fois-ci, il préfère les plaques négatives aux positifs sur papier, notamment pour la facilité qu'elles donnent de superposer les images. Exploitant la transparence du support, il empile «de petites portions d'anneaux issues de la photographie sur verre de disques<sup>29</sup>» retrouvant par là la méthode d'accumulation des couches qu'il préconisait dans son article sur la stéréoscopie du corps humain.
- 24 Ses superpositions d'images reposent sur le même principe que les photographies composites de Galton, qui publiera sa méthode en 1878<sup>30</sup>. «Les remarques citées forment la base scientifique du procédé qu'on applique à la photographie des apparitions dites spectrales<sup>31</sup>», écrit Mach, qui souligne immédiatement qu'il a découvert à ce procédé une application entièrement nouvelle: «J'effectue une prise de vue stéréoscopique d'un corps, par exemple un dé, et, pendant l'opération, je lui en substitue un autre, par exemple un tétraèdre. Sur l'image [p. 60] stéréoscopique, je vois alors en transparence les deux corps imbriqués<sup>32</sup>.» Après avoir consigné que toutes les images sont «également réussies» et conviendraient parfaitement à la démonstration de préparations anatomiques, Mach mentionne l'inventeur des procédés par superposition: «Alors que cette note était déjà sous presse, j'ai appris que Brewster avait représenté par la stéréoscopie des apparitions spectrales. Il semblerait en revanche que personne n'ait encore photographié de cette manière des préparations anatomiques<sup>33</sup>.»
- 25 Publié en anglais en 1856 sous le titre: *The Stereoscope. Its History, Theory and Construction, with its Application to the Fine and Useful Arts, and to Education*, l'ouvrage du physicien David Brewster avait été traduit en allemand dès 1857<sup>34</sup>. L'inventeur du stéréoscope à prisme était aussi le principal agent de la popularisation de la photographie en relief. Après la publication, en 1838, du procédé de Charles Wheatstone pour restituer la vision binoculaire<sup>35</sup>, Brewster avait entrepris en 1843 de dessiner un nouvel appareil capable de représenter l'espace tridimensionnel plus efficacement que celui de son concurrent: du fait de sa plus grande maniabilité, celui-ci devait l'emporter sur le stéréoscope à miroir, et assurer l'essor de la photographie stéréoscopique.
- 26 Dans le chapitre traitant de "L'utilisation du stéréoscope à des fins amusantes", Brewster décrit comment «prêter un caractère fantomatique à une ou plusieurs figures, en leur donnant un aspect éthéré parmi les réalités corporelles de l'image stéréoscopique<sup>36</sup>». Ce résultat est produit par un changement de scène durant l'exposition du négatif: la figure à laquelle on veut conférer «l'aspect d'un corps immatériel» doit être maintenue en place juste assez longtemps pour laisser une trace sur le négatif. Différents sujets peuvent être traités de cette manière: «Un corps peut être placé à l'intérieur d'un autre [■] et l'on obtient de curieux effets en adjoignant des corps solides parmi la disposition des personnes et des objets devant la chambre binoculaire<sup>37</sup>.»
- 27 Comme dans les images composites de Galton, on peut ainsi produire des vues doubles ou triples de personnages et, comme dans les images superposées de Mach, l'effet de transparence est renforcé par l'accumulation de plusieurs images sur un seul support. Puisque, comme l'expose Brewster, «les représentations ou les dessins sur un plan de corps solides ou d'un assemblage de corps solides placés à des distances différentes de l'oeil restent bien souvent incompréhensibles, même à des personnes instruites<sup>38</sup>», le système des doubles expositions fera aisément [p. 61] passer ces corps pour *transparents*. À ce point, le savant écossais se réfère à d'autres divertissements du XIXe siècle basés sur



un principe similaire, comme les cosmoramas ou dioramas, qui combinent sur un même support deux vues différentes (par exemple la façade de la Chambre des Députés et sa salle plénière, un même paysage en hiver et en été, ou encore le fronton et l'intérieur d'une cathédrale) et permettent de passer d'un aspect à l'autre, en fonction de l'éclairage ou de l'angle d'observation. Dans ces développements de physique amusante, Brewster effleure un autre problème auquel Mach allait consacrer de nombreux travaux: l'inversion des corps dans le stéréoscope, produite par la permutation des images parvenant à chacun des deux yeux, qui fait que ce qui était convexe devient concave, et réciproquement<sup>39</sup>.

- 28 Si l'on considère que la représentation des corps forme le paradigme fondamental de la géométrie, et que la vision différenciée a toujours été étudiée à l'aide de corps géométriques, on conçoit l'enthousiasme suscité chez Mach par l'idée de la «transparence et de l'imbrication» des corps. Aguilonius, déjà, dans son traité sur l'optique de 1613, s'était penché sur la vision des sphères, avant d'étudier la perception des cylindres et des cônes. Comme l'écrit Brewster: «Après avoir démontré ces théorèmes sur la vision monoculaire et binoculaire des sphères, Aguilonius [■] énonce une règle qu'il dit applicable non seulement à la sphère, mais encore au cylindre, au cône et à tous les corps: la partie du corps qui est vue est circonscrite par les rayons tangentiels<sup>40</sup>.» [p. 62] L'ordre suivi par le savant jésuite correspond à celui des photographies stéréoscopiques de corps géométriques conservées dans le fonds Ernst Mach, aujourd'hui consultable au Deutsches Museum de Munich.
- 29 Celles-ci montrent une sphère qui, observée à l'aide d'un stéréoscope, semble virtuellement flotter dans l'espace, un cylindre et un cône (fig. 8 à 10 [E. Mach, stéréogrammes de solides, s. d., coll. Deutsches Museum, Munich]); puis leur superposition dans des clichés composites (fig. 11 à 13 [E. Mach, stéréogrammes de superpositions par expositions multiples des solides ci-contre, s. d., coll. Deutsches Museum, Munich]). Dans toutes les versions dont j'ai eu connaissance, ces emboîtements de solides peuvent être décrits comme autant de démonstrations des effets des expositions multiples. Il n'est toutefois pas aisé de déterminer à quel moment ces photographies ont été réalisées, puisque seule la cinquième édition des *Populärwissenschaftlichen Schriften*, publiée à titre posthume en 1923, en présente les reproductions pour illustrer l'article sur la stéréoscopie; de plus, le commentaire de ces images est dû à Ludwig Mach (celui-ci n'ayant pas pour habitude de refaire des prises de vues lorsqu'elles étaient réussies<sup>41</sup>, il est vraisemblable que ces images sur film celluloïd ont été exécutées plus tard). Les projets de superpositions photographiques forment l'un des nombreux exemples d'interaction entre les réflexions d'Ernst Mach et celles de David Brewster. Le premier n'a jamais cessé de mettre à l'épreuve, voire de soumettre à la démonstration mathématique, physique ou expérimentale, les intuitions sommaires du second. [p. 63]
- 30 Après l'exposition à Berlin et à Vienne, au début du mois de janvier 1896, de la radiographie par Röntgen de la main de sa femme exposition qui rouvrait, en la renouvelant, la question de la *transparence photographiquement générée*, Mach s'efforça d'intervenir dans le débat. Il appartenait au cercle de ceux à qui Röntgen avait adressé son traité dès le 1er janvier<sup>42</sup>. Sans tarder, Mach pria Josef Maria Eder et un professeur de Graz nommé Pfaundler de réaliser des photographies à l'aide des rayons de Röntgen. Eder y parvint dès le 12 février 1896<sup>43</sup>: «Les images qu'on obtient de la façon décrite à l'aide des nouveaux rayons sont des ombres qui possèdent, comme on l'a déjà dit, un certain degré

de plasticité apparente du fait que la perméabilité variable des couches s'exprime sur l'image. Pour atteindre réellement cet effet plastique, nous avons tenté, à l'instigation de M. le Professeur Mach de Vienne, d'élaborer des clichés stéréoscopiques à l'aide de rayons X. Visionnées sous forme de diapositives dans le stéréoscope, les deux images ont formé une image en relief étonnamment plastique du squelette de la souris<sup>44</sup>.»

- 31 Non content de cela, Mach s'empressa de rappeler au public son procédé de «réalisation d'images stéréoscopiques par transparence», divulgué «trente ans plus tôt<sup>45</sup>». C'est après la découverte de Röntgen qu'il intégra son ancien article "Sur l'utilisation scientifique de la photographie et de la stéréoscopie", initialement publié dans les comptes rendus de séance de l'académie des sciences viennoise, à la troisième édition des *Populärwissenschaftliche Vorlesungen* de 1903.
- 32 Les «collection[s] pour faire circuler les corps entre eux» (inscription portée sur le carton où furent conservées les photographies dans le fonds Ernst Mach) avaient pour fonction de donner concrètement à voir différents aspects d'un ou plusieurs objets. Contrairement à Galton, Mach n'était pas intéressé par une typologie statistique mais par la représentation simultanée de plusieurs faces non perceptibles en même temps à l'oeil nu. Le procédé des expositions multiples lui permettait en outre de figurer plusieurs objets à la fois. L'incapacité de l'oeil et de la photographie à percevoir ou à reproduire plus d'une vue, correspondant à une entité temporelle, pouvait être ainsi surmontée: superposant deux images ou plus, les stéréogrammes donnent toujours à voir (au moins) deux strates temporelles, qui représentent les objets ou le monde extérieur selon une double perspective, à partir de deux points oculaires.
- 33 Le dispositif stéréoscopique nous permet de comprendre ce qu'entendait Mach en parlant d'expérimenter *esthétiquement* la psychophysique [p. 64] de Fechner. Pour le physicien, le concept de beauté ne renvoie pas à des artefacts comme la peinture ou la littérature, mais aux phénomènes naturels. Conformément à l'étymologie, l'esthétique est comprise comme résultat des modalités de la perception. Autrement dit, pour Mach, il ne peut y avoir d'esthétique en dehors de la physiologie: le sentiment du beau dépend purement de la biologie de nos yeux. C'est à eux que nous devons d'éprouver du plaisir à percevoir des objets qui, d'une part, reproduisent la symétrie verticale de notre système oculaire et, d'autre part, procurent de manière répétée une seule et même sensation<sup>46</sup>. Attendu que les expériences psychophysiques tablent sur le caractère répétable des visualisations, il n'est pas étonnant que Mach les caractérise comme des «expériences esthétiques au sens strict». La psychophysique devient ainsi une discipline authentiquement esthétique, parce qu'elle conçoit toujours la *res extensa* comme un reflet porté sur la *res cogitans*. Ou mieux encore, parce qu'elle repose sur l'idée que les expériences physiques et psychiques «n'interviennent pas dans deux mondes séparés», mais qu'il s'agit de «deux observations d'un même processus<sup>47</sup>». Le plaisir issu des sensations perceptives, et donc toute esthétique, ne peut être extrapolé de la réponse à la question: "Pourquoi l'homme a-t-il deux yeux<sup>48</sup>?", mais provient simplement du fait que nous avons deux yeux. Leur intangible symétrie et l'agrément que nous procurent les formes symétriques répétitives sont donc indissociablement liés. Les "expériences esthétiques" de Mach ne préfigurent pas seulement, sous cet angle, les applications esthétiques de la psychologie gestaltiste dues à Rudolf Arnheim et quelques autres. Situait la pierre angulaire de l'esthétique dans la perception (elle-même incompréhensible sans la physiologie), elles annoncent les pratiques artistiques de la modernité.

- 34 Ce ne sont pas les vues radiographiques de Röntgen qui ont marqué, comme l'écrit Ulrich Raulff, la naissance de «l'homme de verre». Déjà, les superpositions de Mach avaient permis de figurer comme diaphanes des corps solides. Grâce aux propriétés du support photographique, le procédé des expositions multiples permettait d'en faire un médium de la transparence. La découverte des rayons X a modifié la façon de voir à travers les objets. Les radiosopies de Röntgen montraient aussi bien le *hardware* humain, le squelette, que ses parties périssables, sous la forme d'ombres ou de traces grises. Cette *vue multiple* en une seule image rendait superflue la technique de la surimpression antérieurement prônée [p. 65] par Mach. Prié de lui fournir des radiographies stéréoscopiques, Pfaundler avait réussi dès le courant de l'année 1896 à produire, en collaboration avec le professeur Czermak, «l'image stéréoscopique d'une main humaine aux vaisseaux sanguins injectés<sup>49</sup>». Une telle image réalisait ce que Mach avait imaginé dès 1868, soit l'exécution de modèles transparents imbriquant os, nerfs, vaisseaux et muscles<sup>50</sup>. Mais elle marquait aussi le début d'une forme de représentation du corps humain qui se prolonge dans l'imagerie médicale actuelle. Virtuellement ou réellement décomposées en strates, ces coupes sont désormais enregistrées sous forme digitale, et converties en images numériques.

Herta Wolf

Université d'Essen

(Traduit de l'allemand par Diane Meur)

## NOTES

1. Ernst Mach, lettre du 14 janvier 1861 à Gustav Fechner, citée d'après John Blackmore, Klaus Hentschel (dir.), *Ernst Mach als Außenseiter. Machs Briefwechsel über Philosophie und Relativitätstheorie mit Persönlichkeiten seiner Zeit. Auszug aus dem letzten Notizbuch (Faksimile) von Ernst Mach*, Vienne, Braumüller, 1985, p. 1; également reproduite in Dieter Hoffmann, Hubert Laitko, *Ernst Mach: Studien und Dokumente zu Leben und Werk*, Berlin, Deutscher Verlag der Wissenschaft, 1991, p. 338.
2. Ulrich Raulff, "Der große Durchblick. Hundert Jahre Röntgenstrahlen und Psychoanalyse", *Frankfurter Allgemeine Zeitung*, 24 avril 1995, p. 35.
3. Cf. E. Mach, "Über wissenschaftliche Anwendungen der Photographie und Stereoskopie", in *Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe*, vol. LIV, 2e partie, année 1866, cahier VI-X, p. 123-126, ici p. 125 sq.; reproduit in *Populärwissenschaftliche Vorlesungen*, éd. originale, Leipzig, 1896 (2e éd.: 1897; 3e éd. augmentée: 1903; 4e éd. revue et augmentée: 1910; 5e éd.: 1923). Je souligne.
4. Les copies de cette image composite, disponibles autrefois à l'Institut Ernst Mach et aujourd'hui au Deutsches Museum de Munich, sont malheureusement en mauvais état (il s'agit de clichés sur celluloïd). Bien meilleures, quoique parfois inversées, sont les copies sur verre des images composantes. Le fonds photographique des archives Mach ne comprend aucune vue en coupe de l'appareil auditif. Attendu que Ludwig Mach avait aidé son père dans ses expériences photographiques ou fondées sur la photographie avant de

réaliser seul des clichés à sa demande, et qu'il se chargea des éditions posthumes grâce au fonds conservé par lui, il est difficile de dire si les copies conservées sont des clichés originaux des années 1860 ou des reproductions qui auraient été réalisées pour illustrer l'article dans la 5e édition des *Populärwissenschaftliche Vorlesungen*. S'agissant d'images sur celluloid, on peut déduire qu'elles doivent être plus tardives.

5. Selon les informations livrées par le fonds Francis Galton, conservé à la Bloomsberry Library du University College of London (Galton Papers, 158/2p), la conférence "On the Application of Composite Portraiture to Anthropological Purposes" parut dans les *Transactions of the British Association*, York, 1881, p. 3. Voir aussi *Journal and Transactions of the Photographic Society of Great Britain*, vol. V, 14 juin 1881, pp. 140-146. Galton note sur l'image composite que le crâne est paru dans le "Brit. Ass. Report" de 1881, p. 690. Dans le fonds Galton, cette image composite de crânes est également la seule en son genre on peut donc en déduire que Galton ne s'est pas durablement intéressé aux superpositions photographiques de crânes.

6. Johann Caspar Lavater, *Physiognomische Fragmente zur Beförderung der Menschenkenntnis und Menschenliebe. Eine Auswahl mit 101 Abbildungen*, éd. par Christoph Siegrist, Stuttgart, Reclam, 1992, p. 162 sq.

7. Cf. Michel Frizot, "L'oeil absolu. Les formes de l'invisible", *Nouvelle Histoire de la Photographie*, Paris, Bordas, 1994, p. 274. Michel Frizot n'est pas seul à faire ce constat, mais il donne une compréhension accessible et globale de l'enjeu de la photographie à des fins scientifiques. Voir mes articles sur ce thème: "Fixieren-Vermessen. Zur Funktion fotografischer Registratur in der Moderne", in: N. Bolz et al., *Riskante Bilder*, Munich, Fink, 1996; "Wolken, Spiegel und Uhren. Eine Lektüre meteorologischer Fotografien", *Fotogeschichte*, n° 48, 1993, pp. 3-18 et "Das Denkmälerarchiv Fotografie", *Camera Austria*, n° 51-52, 1995, pp. 133-145.

8. Voir l'article d'André Gunthert dans ce même numéro, "La rétine du savant", p. 28-49.

9. Cf. Albert Londe, *La Photographie moderne. Pratique et Applications*, Paris, Masson, 1888.

10. E. Mach, "Über wissenschaftliche Anwendung der Photographie und Stereoskopie", p. 123.

11. E. Mach, "Über die Wirkung der räumlichen Vertheilung des Lichtreizes auf die Netzhaut", *Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften*, vol. LII, IIe partie, année 1865, cahier VI-X, Vienne, Kaiser- und Königliche Hof- und Staatsdruckerei, 1866, p. 303-322.

12. Floyd Ratliff, "Mach-Baender in der Physik, der Physiologie und der Psychologie", *Symposion aus Anlaß des 50. Todestages von Ernst Mach*, actes du colloque organisé les 11 et 12 mars 1966 à Fribourg en Br., p. 138-160, ici p. 139.

13. Cf. Timothy Lenoir, "Naturwissenschaft für die Klinik. Die Vorgeschichte von Carl Ludwigs Physiologischem Institut in Leipzig", in *Politik im Tempel der Wissenschaft. Forschung und Machtausübung im deutschen Kaiserreich*, Frankfurt a. M., New York, 1992, p. 53-106.

14. E. Mach, "Selbstbiographie", in *Ernst Mach. Studien und Dokumente zu Leben und Werk*, p. 435.

15. Id, *Sitzungsberichte*, op. cit., 1861, vol. XLIII, II. Abt., p. 215-224.

16. Cf. Wolfram W. Swoboda, "Physik, Physiologie und Psychophysik. Die Wurzeln von Ernst Machs Empiriekritizismus", in Rudolf Haller, Friedrich Stadler (dir.), *Ernst Mach. Werk und Wirkung*, Wien 1988, p. 356-403.

17. Cf. W. H. F. Talbot, "Experiments on Light. On Photometry", *The London and Edinburgh Philosophical Magazine and Journal of Science*, 3e série, vol. 5, n° 29, novembre 1834, p.

327-334. La contribution de Joseph Plateau parut dans le *Bulletin de l'Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique*, n° 2, 1835, p. 52 et n° 3, p. 89.

18. E. Mach, "Über die Wirkung der räumlichen Vertheilung des Lichtreizes auf die Netzhaut", p. 305.

19. *Ibid.*, p. 310.

20. *Id.*, "Über die physiologische Wirkung räumlich vertheilter Lichtreize", p. 19.

21. E. Mach, "Über die Wirkung der räumlichen Vertheilung des Lichtreizes auf die Netzhaut", p. 308.

22. *Ibid.*, p. 317.

23. Le terme "organique" renvoie à la physique organique ou à la physiologie telle qu'elle s'illustre chez Helmholtz, Du Bois-Raymond, Ludwig, Brücke, etc. E. Mach, "Über den Einfluß räumlich und zeitlich variierender Lichtreize auf die Gesichtswahrnehmung" [1906], p. 633.

24. Cf. F. Ratliff, *op. cit.*, p. 143. La vision de Mach était si avancée pour son époque, note Ratliff, qu'il fallut attendre 1928 pour qu'elle soit reprise par Georg von Békésy à l'occasion de ses études sur les mécanismes neuronaux de l'idéation (*ibid.*, p. 150).

25. *Ibid.*, p. 154 sq. et 157: Ratliff écrit que les instruments provoquent des déformations qui peuvent ressembler à celles qui se produisent dans l'oeil, car leurs causes sont similaires: "dans l'un et l'autre cas, des points voisins dans le système dépendent les uns des autres." Sur ce point, l'oeil et l'image photographique ne se distinguent donc pas. Allant plus loin, on pourrait donc conclure qu'une comparaison entre oeil et photographie est tout à fait juste, même si elle relève désormais d'un autre paradigme scientifique qui part, justement, d'une interaction permanente entre données observées et observation, d'une influence réciproque entre physiologie et physique.

26. Cf. Ottomar Volkmer, *Die photographische Aufnahme von Unsichtbarem*, Halle s/Saale, Knapp, 1894.

27. E. Mach, "Bemerkungen über wissenschaftliche Anwendungen der Photographie", in *id.*, *Populärwissenschaftliche Vorlesungen*, 4e éd. augmentée et revue, Leipzig, Johann Ambrosius Barth, 1910, pp. 131-135.

28. *Id.*, "Über wissenschaftliche Anwendungen der Photographie und Stereoskopie", p. 123.

29. *Id.*, "Über den physiologischen Effect räumlich vertheilter Lichtreize", p. 135.

30. Cf. Francis Galton, "Composite Portraits. Made by Combining Those of Many Different Persons into a Single Resultant Figure", *Nature*, 23 mai 1878, p. 97-100.

31. E. Mach, "Über wissenschaftliche Anwendungen der Photographie und Stereoskopie", p. 124.

32. *Ibid.*

33. *Ibid.*, p. 125.

34. Alors que le livre ne fut republié à Londres qu'en 1870, l'éditeur allemand faisait paraître une réédition dès 1862 "avec un appendice sur la photographie des images stéréoscopiques d'après de la Blanchère". Cf. A. D. Morrison-Low, "Published Writings of Sir David Brewster: A Bibliography", in *id.* et J. R. R. Christie (éds.), "Martyr of Science": *Sir David Brewster 1781-1868*, Édimbourg, Royal Scottish Museum Studies, 1984, p. 131.

35. Charles Wheatstone, "Beiträge zur Physiologie der Gesichtswahrnehmung. Erster Teil. Über einige bemerkenswerte und bisher nicht beobachtete Erscheinungen des beidäugigen Sehens", in M. von Rohr (éd.), *Abhandlungen zur Geschichte des Stereoskopes von Wheatstone, Brewster, Riddell, Helmholtz, Wenham, d'Almeida und Harmer*, Leipzig, Engelmann, 1908, p. 3-37. Le texte avait été lu le 21 juin 1838 devant la Royal Society. Wheatstone,

aussitôt après la divulgation des procédés photographiques, avait intégré ceux-ci à son appareil; dans les années 1840 Talbot allait réaliser des clichés pour lui, en août 1841 Henry Collen faisait un portrait stéréophotographique de Charles Babbage, en 1852 Roger Fenton tirait à son intention les premières stéréophotographies, etc. (cf. Steven F. Joseph, "Wheatstone's Double Vision", *History of Photography*, vol. 8, n° 4, 1984, p. 329-332).

36. Cité d'après David Brewster, *Das Stereoskop, seine Geschichte, Theorie und Construction, sowie seine Anwendung auf die schönen und nützlichen Künste und für die Zwecke des Jugendunterrichtes*, op. cit., p. 195.

37. *Ibid.*, p. 196.

38. *Ibid.*, p. 187.

39. Cf. E. Mach, "Über die physiologische Wirkung räumlich vertheilter Lichtreize, p. 403 sq.

40. D. Brewster, op. cit., p. 15.

41. Comme il ressort de la correspondance entre le père et le fils dans les années 1890. Cf. lettres de Ludwig Mach à E. Mach [Ludwig Mach: 1943/9; Dr. 95], fonds Ernst Mach, Deutsches Museum de Munich.

42. Cf. *Hundert Jahre Röntgenstrahlen. Ausstellung aus Anlaß der Entdeckung der Röntgenstrahlen in Würzburg am 8. November 1895*, Université de Würzburg, 1995, p. 52.

43. Josef Maria Eder, E[duard] Valenta, "Versuche mit den Röntgen'schen Strahlen im photochemischen Laboratorium der kaiser- und königlichen Versuchsanstalt für Photographie in Wien", *Photographischer Correspondenz*, n° 425, 1896, p. 84-87; "Weitere Versuche mit Röntgen'schen Strahlen an der k.k. Lehr- und Versuchsanstalt für Photographie und Reproductionsverfahren in Wien", op. cit., n° 426, pp. 126-127; "1. Fortsetzung der Versuche mit Röntgen-Strahlen", op. cit., n° 430, pp. 317-321; et "3. Fortsetzung der Versuche mit Röntgen-Strahlen", op. cit., n° 431, pp. 381-383.

44. J. M. Eder et E. Valenta, *Versuche über Photographie mittels der Röntgen'schen Strahlen*, Vienne et Halle s/Saale, Lechner et Knapp, 1896, p. 10.

45. E. Mach, "Durchsicht-Stereoskopbilder mit X-Strahlen", *Zeitschrift für Elektrotechnik* (organe de l'Union électrotechnique de Vienne), année XIV, 1er juin 1896, cahier XI, p. 259-261, ici p. 259.

46. Cf. id., "Die Symmetrie", in *Populär-Wissenschaftliche Vorlesungen*, réimpr. de la 5e édition de 1923, Vienne, Cologne et Graz, Böhlau, 1987, pp. 100-116.

47. Id., *Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Psychischen zum Physischen*, op. cit., p. 305.

48. Id., "Wozu hat der Mensch zwei Augen?", in *Populärwissenschaftliche Vorlesungen*, p. 78 et 80-85.

49. Id., "Durchsicht-Stereoskopbilder mit X-Strahlen", p. 260.

50. Cf. id., "Über wissenschaftliche Anwendungen der Photographie und Stereoskopie", p. 125.